

Rappresentazione del territorio: "Pensieri e parole" di una scienza che cambia

Le tecniche per la misura e la rappresentazione del territorio, ripercorrendone le trasformazioni e sottolineando le parole nuove di questa disciplina antica.

Introduzione

Giugno 1971, Lucio Battisti (qualcuno forse dirà: "Chi era?") è primo nella classifica italiana dei dischi più venduti con il pezzo "Pensieri e parole", destinato a restare nella storia musicale.

Il mondo del rilevamento gravita intorno al mitico WILD T2, alle tavole dei logaritmi, alla restituzione grafica a china e su carta da lucido.

"Davanti a me c'è un'altra vita..." canta Battisti, ma il topografo si muove ancora nella tradizione, senza avvertire i segnali incombenti del cambiamento.

La rappresentazione del territorio è, in questi anni, legata alla fotogrammetria analogica, utilizzata come eccellente procedimento per produrre cartografia al tratto, con il supporto di sistemi di restituzione a proiezione ottico-meccanica.

Il volume "Topografia Generale" di Giuseppe Inghilleri, che riverserà pensieri nuovi sulla disciplina, non ha ancora visto le stampe.

Poi arriva, prepotente e improvvisa, la rivoluzione dell'elettronica, dell'informatica e della telematica: nulla sarà più come prima...

Nasce la Geomatica!

L'innovazione introdurrà l'uso generalizzato del dato in forma digitale, standardizzando in pochi anni le procedure Internet e poi quelle della telefonia mobile per la trasmissione a distanza delle informazioni.

Sfruttando la rivoluzione avvenuta nello Spazio, dove orbitano satelliti di ogni tipo, il

rilevamento topografico a terra, condizionato dai vincoli dell'intervisibilità ed accessibilità, si trasforma in *rilevamento satellitare* (sensori GPS, GLONASS, ecc.) e quello *fotogrammetrico*, basato sull'immagine, migra verso il *telerilevamento passivo e attivo*, a terra, da aereo e dallo spazio [1].

Ricevitori satellitari (GPS), abbinati talvolta a sistemi inerziali (INS), sono distribuiti sul territorio in reti di *stazioni permanenti* (GEO-TIM, Galileo Sistemi, ecc.) oppure sono montati su vettori (automobili, aerei, elicotteri, satelliti) per la determinazione diretta della posizione e dell'assetto di un sensore, al fine di *georeferenziare* immagini *digitali* o immagini *range*, prodotte dalla scansione laser.

Maggio 2004, dopo 33 anni e molti cambiamenti nel campo della musica e della Geomatica, le parole di Battisti restano sempre valide: tutto evolve e si modifica così rapidamente che ogni domani è un nuovo futuro.

Con questo spirito, si descrive lo stato dell'arte di "oggi" nella rappresentazione del territorio, senza dimenticare però le prospettive, già individuate ma non ancora realizzate, di "domani".

Imaging ottico da aereo e satellite

L'acquisizione dell'informazione visiva è gestita attualmente, con sempre maggior frequenza, attraverso sensori ottici digitali (su aereo, elicottero o satellite), che forniscono immagini di tipo *raster*.

Lucio Battisti

Pensieri e Parole (1971)

*Che ne sai di un bambino che rubava
e soltanto nel buio giocava
e del sole che trafigge i solai, che ne sai
e di un mondo tutto chiuso in una via
e di un cinema di periferia
che ne sai della nostra ferrovia, che ne sai.
Conosci me la mia lealtà
tu sai che oggi morirei per onestà.
Conosci me il nome mio
tu sola sai se è vero o no che credo in Dio.
Che ne sai tu di un campo di grano
poesia di un amore profano
la paura d'esser preso per mano, che ne sai
l'amore mio
che ne sai di un ragazzo perbene
è roccia ormai
che mostrava tutte quante le sue pene:
e sfida il tempo e sfida il vento e tu lo sai
la mia sincerità per rubare la sua verginità,
sì tu lo sai ...*

L'immagine *raster* è caratterizzata dalla risoluzione al suolo, cioè la dimensione del più piccolo oggetto discretizzato dal sensore (corrisponde in concreto al valore del pixel) e dall'accuracy che caratterizza invece la qualità del posizionamento sull'immagine di un elemento di coordinate note.

Solo recentemente sono apparse sul mercato camere digitali per la ripresa da aereo, come la DMC (Digital Modular Camera) di Z/I Imaging, la ADS40 (Airborne Digital Sensor) di LH Systems, la HRSC-A sviluppata dall'Agenzia Spaziale Tedesca (DLR); esse sono basate su una tecnologia CCD a più sensori areali sincronizzati o su sensori lineari. I sensori lineari consentono una maggiore ampiezza della ripresa ed una risoluzione geometrica e radiometrica più elevata rispetto ai sensori areali, più semplici e di nota geometria ma dalle dimensioni ridotte.

La comparsa di queste camere ha reso meno efficace la ripresa con camera analogica e la successiva scansione del fotogramma, nel rispetto delle precisioni richieste in applicazioni di elevato dettaglio (10-25 cm, sul terreno) per le quali non risulta adatta l'immagine da satellite.

Inoltre, le riprese da satellite e da aereo possono essere integrate con sistemi di posizionamento GPS e di orientamento INS del sensore, detti POS: Position and Orientation Systems (per esempio, quello della società canadese Applanix Corporation, ora del gruppo Trimble). Ciò permette la referenziazione di un'immagine praticamente senza l'ausilio di punti di controllo sul territorio.

Satellite	IKONOS - 2	EROS - A1	Orbview 3	QuickBird - 2
Proprietario	SpaceImaging	ImageSat International	Orbimage	DigitalGlobe
Data lancio	settembre 1999	dicembre 2000	giugno 2003	ottobre 2001
Tipo sensore	pancromatico multispettrale (colore pan-sharpened)	pancromatico multispettrale (colore pan-sharpened)	pancromatico	
Altezza (km)	681	480	470	450
Swath (km)	11	13.5	8	16.5
Numero bande	1 - 4	1	1	1 - 4
Risoluzione a terra (m)	1 - 4	1.8 (standard) 1 (over-sampled)	1 - 4	0.61 - 2.44
Scala della cartografia	1:10 000	1:20 000 - 1:10 000	1:10 000	1:5000

Tab 1 - Satelliti commerciali con sensori opto-elettronici

Le precisioni conseguibili nel posizionamento variano fra 5 e 30 cm, mentre per l'assetto spaziale si parla di 0.003°- 0.008°: i valori sono in pratica confrontabili con quelli forniti dalla triangolazione aerea digitale per scale medie di restituzione (cioè minori o uguali a 1: 5000).

La ricerca di settore ha evidenziato che si può utilizzare la georeferenziazione diretta anche nel rilevamento da aereo per la produzione di ortofoto a grande scala; nella restituzione stereoscopica è consigliabile invece integrare il procedimento diretto con quello classico, per ridurre i sistematismi prodotti dalla nuova tecnica di posizionamento [8].

I satelliti ad alta risoluzione

La recente generazione di satelliti commerciali, per l'osservazione della Terra a scopi civili, utilizza sensori opto-elettronici che possono acquisire immagini ad alta definizione, adatte per la gestione e la geo-visualizzazione, anche in zone remote o temporaneamente inaccessibili.

Proprio in questo settore dell'Information Technology e del trattamento di dati a referenza spaziale (geo-dati), il ruolo tradizionale della fotogrammetria da aereo e i suoi aspetti scientifici sono da qualche tempo oggetto di ridefinizione. Il passaggio in corso dalla camera fotografica analogica (che continuerà comunque ad essere usata ancora per anni) al sensore digitale consente di parlare sempre più della fotogrammetria in termini di *image-grammetry*, attribuendole il significato di tecnica per la misura spaziale mediante immagini digitali.

In questa prospettiva, la differenza fra la ripresa da aereo e quella da satellite appare

molto sfumata, come emerge dai test di confronto fra le nuove camere aeree multispettrali ed i sensori ottici del telerilevamento ad alta risoluzione dallo spazio [2,3,4,5,6].

Da qualche anno, società di privati stanno investendo risorse in questa nuova attività di rilevamento dallo Spazio che si correla al mercato crescente dei Sistemi Informativi Geografici (GIS). Sono operativi i satelliti: IKONOS-2, la cui attivazione, dopo l'insuccesso di IKONOS-1, risale al settembre 1999 (SpaceImaging, Colorado); EROS-A1 (ImageSat International, gruppo misto israeliano, europeo ed americano), messo in orbita all'inizio di dicembre del 2000; QuickBird-2 (DigitalGlobe, Colorado), dal mese di ottobre 2001, dopo i fallimenti di EarlyBird (inizio del 1998) e QuickBird-1 (novembre 2000).

Orbital Imaging Corporation (Orbimage), società con sedi in Virginia e Missouri, ha lanciato il satellite ad alta risoluzione OrbView-3 nel giugno 2003; inoltre, ImageSat prospetta EROS-B entro il 2005 ed EROS C nel 2007, entrambi con altezza di 500 km e risoluzione al suolo di 0.70 m (Tab. 1).

La ripresa da satellite è ancora relativamente più costosa di quella da aereo; in zone dove l'accesso è limitato, proibito o è necessaria la rivisitazione del luogo, questo procedimento può rappresentare, tuttavia, la soluzione migliore.

Le immagini ad alta definizione si stanno ora diffondendo anche in Europa; le cause che ne limitano ancora l'utilizzo sono sostanzialmente riconducibili a:

- la qualità, condizionata dalla copertura di nuvole e dalla risoluzione radiometrica;
- i tempi non brevi per la consegna delle ri-

prese, soprattutto quando il produttore è americano;

- la necessità di acquistare coperture più estese, rispetto all'effettiva area di interesse;
- i prezzi elevati, per utenti europei, soprattutto in relazione alle orto-immagini;
- i vincoli per la cessione dei diritti d'uso ad altri utenti.

La concorrenza può però modificare la situazione del mercato, offrendo condizioni economiche più favorevoli; inoltre, la diffusione capillare di Internet riduce i tempi di ordinazione e di consegna, semplificando le operazioni commerciali.

I sensori ottici

Il telerilevamento ottico utilizza sensori di tipo passivo (nelle bande del visibile e dell'infrarosso vicino) che ricevono e registrano l'energia solare riflessa dalla Terra.

Il sistema corrispondente comprende un segmento spaziale ed un segmento terrestre. Il primo consiste in una piattaforma che alloggia una camera digitale (scanner), con capacità stereoscopica, integrata con sistemi inerziali e GPS per la determinazione diretta dell'orientamento spaziale e della posizione. Il segmento terrestre è costituito invece dalle stazioni di ricezione attivate nei vari continenti.

Il sensore ottico è in genere del tipo *push-broom*, cioè il sistema di acquisizione utilizza array lineari di sensori CCD (fissi), disposti ortogonalmente alla direzione di movimento della piattaforma satellitare; ciascun sensore può registrare una striscia di terreno la cui ampiezza trasversale, detta swath, dipende dal-

l'altezza H dell'orbita del satellite e dall'angolo di scansione.

La risoluzione a terra della ripresa (cioè la dimensione del pixel) è dell'ordine del metro o superiore: questo permette di riconoscere sull'immagine automobili, strade, alberi, case, linee di delimitazione di arredi, aree pedonali, parcheggi, ecc. (Fig. 1).

L'immagine è fornita dal produttore insieme al suo Modello Geometrico (IGM), che contiene la trasformazione proiettiva fra spazio immagine e spazio oggetto. Viene utilizzata per la restituzione stereoscopica oppure ortogonalizzata e georeferenziata.

La referenziazione avviene sulla base dei parametri di orientamento diretto, eventualmente integrati con punti di controllo a terra (acquisiti con ricevitori satellitari o desunti mediante triangolazione fotogrammetrica) e un DEM, misurato per esempio con sistemi a scansione laser [9].

In aree urbanizzate si può scegliere di realizzare un modello digitale del suolo (DTM) e la corrispondente ortofoto oppure un modello di superfici (DSM), includendo le pareti verticali degli edifici, le infrastrutture di trasporto, i manufatti, così da realizzare una rappresentazione raster con gli elementi antropici emergenti dal terreno.

Il software per il processamento e la restituzione di immagini da satellite può essere scelto fra prodotti come ERDAS Imagine-OrthoBase, ER Mapper - OrthoWarp, PCI OrthoEngine, ENVI.

Sensori attivi: il laser a scansione

La tecnica di laser-scanning o laser-imaging, nota come LiDAR (Light Detection And Ranging), si effettua da aereo, da elicottero o a terra e rappresenta la novità vera degli anni 2000.

Il procedimento è interessante per la realizzazione di modelli spaziali finalizzati all'analisi morfologica e alla costruzione di ortofoto, anche in zone di difficile visibilità, come le aree vegetate; si può utilizzare sia di giorno sia di notte.

Integrato con sensori satellitari e inerziali, il laser a scansione acquisisce una griglia di punti a elevata densità (passo di 1.5-2 m), raggiungendo precisioni di 10-15 cm, su superfici materiche ben definite, e in genere non inferiori ai 50 cm [7].

Il sistema emette impulsi laser ad alta frequenza o un segnale luminoso modulato (visibile o infrarosso vicino) e ne raccoglie le riflessioni; registra pseudo immagini, dette immagini *range*, costituite da strutture organizzate di punti spaziali.

Nel caso di superfici coperte da vegetazione si può costruire (attraverso l'acquisizione simultanea, per ciascun impulso, della distanza del primo oggetto incontrato e dell'ultimo) un modello sia al livello del terreno (DTM) sia alla sommità degli alberi; analogamente, in zone edificate, quello al suolo e quello sulle coperture, con estrazione dell'altezza degli oggetti.

Dal modello numerico di punti, generato aggregando più immagini *range*, possono essere estratti via software profili altimetrici, isolinee, volumi, oltre ad ortofoto, fotomosaici e visualizzazioni 3D.

I sensori più noti per l'impiego da aereo o da elicottero sono: EagleScan (USA), LH-Systems (Leica- USA), Optech (Canada), Riegl (Austria), TerraPoint (USA), TopoSys (Germania), TopEye (Svezia), TopScan (Germania).

Con i sistemi più recenti, è possibile effettuare scansioni sul territorio anche da quote superiori ai 1000 m: sono comunque conservate un'adeguata risoluzione lineare a terra (che è funzione della risoluzione angolare del laser e della quota) e una buona precisione nella determinazione dei punti [8, 9].

Un modello fotorealistico può essere ottenuto utilizzando l'attributo colore (canale RGB), fornito dallo scanner su ciascun punto acquisito, oppure, mediante proiezione prospettica di immagini digitali georeferenziate (figg. 2 a-b).

Integrando acquisizioni da aereo, elicottero e a terra, è possibile creare un modello spaziale completo del territorio, che include quanto può essere acquisito dall'alto (coperture del costruito) con ciò che si può osservare al suolo (facciate degli edifici).

Sensori attivi: i sistemi Radar

I sensori radar rappresentano una tecnologia nata negli anni '50 per applicazioni militari e poi adattata, alla fine degli anni '60 anche per scopi civili; questo, per la capacità che le micro-onde hanno di attraversare le nuvole e di fornire pertanto immagini digitali del territorio, con qualsiasi condizione atmosferica e sia di giorno sia di notte.

Le immagini radar comportano processi di elaborazione più complessi di quelli relativi ad acquisizioni di tipo ottico; hanno, inoltre, una risoluzione al suolo più adatta per l'impiego in rappresentazioni di tipo tematico, a piccola e media scala [1].

Una variante di questa tecnologia è fornita dal geo-radar (Ground Penetrating Radar), una procedura di indagine, a terra e non invasiva, che si impiega per rilevare sezioni stratigrafiche del territorio, anche a notevole profondità di introspezione.

Visualizzazione di modelli spaziali e GIS

La visualizzazione 3D è oggi la forma di rappresentazione che interessa sempre più l'utenza, pur se gran parte delle applicazioni è legata ancora al mondo 2D.

I primi esempi di rappresentazione spaziale del territorio risalgono all'inizio degli anni '90: piccoli oggetti rilevati sono rappresentati in formato wireframe mediante sistemi CAD e modelli sono riprodotti in forma prospettica, con draping di ortoimmagini o ortofotocarte.

Attualmente, con l'incremento della capacità di memorizzazione, modelli 3D con ombreggiatura e texture fotografiche possono essere gestiti agevolmente, grazie a controlli interattivi sul livello di dettaglio (LoD); una visualizzazione di modesta qualità e precisione non attira normalmente gli utilizzatori e non giustifica il costo per la produzione di un modello spaziale [10].

Le modalità di visualizzazione e *rendering* 3D sono riconducibili a:

- modalità wireframe (a fili): utilizza solo contorni *vettoriali* in una rappresentazione trasparente;
- modalità shaded (ombreggiata): di tipo flat (costante) o smooth (interpolata);
- modalità con texture (realistica): comporta il texture mapping, anche fotografico (VR), sul modello 3D.

Nella rappresentazione del territorio è possibile utilizzare anche curve di livello, classificazioni a colori (sul modello) dell'informazione altimetrica e tematica, ecc.



Fig. 1 - Ripresa con QuickBird2 - Parigi: Arco di Trionfo (www.digitalglobe.com)

Lo scambio di dati 3D tra software diversi di modellazione spaziale costituisce ancora una difficoltà, essendo ciascun prodotto caratterizzato da un formato proprietario, di tipo binario.

Il formato ASCII di export fra package di tipo CAD è il formato DXF di Autodesk, che non permette la gestione delle texture e comporta una larga memorizzazione.

Traduttori di formati grafici 3D (geometria e texture) sono oggi disponibili, ma una standardizzazione nel settore sembra utile; l'unico standard di fatto è il formato VRML, Virtual Reality Modeling Language, la cui versione 2.0, diventata uno standard con il nome di VRML97, è ora superata da X3D.

Una variante, detta GeoVRML, contiene anche i *meta-dati* di georeferenziazione del modello [15] e sarà integrata anch'essa in X3D.

Il grande motore delle elaborazioni grafiche e dei processi di analisi e gestione del territorio è costituito ormai dai sistemi GIS, sempre più diffusi, versatili, potenti.

Virtual Reality (VR) e Augmented Reality (AR)

Il termine realtà virtuale (Virtual Reality - VR) è stato coniato nel 1983 da Jaron Lanier; il termine si riferiva a "realtà virtuale immersiva", in cui l'utente è all'interno di un mondo artificiale 3D, completamente generato dal computer. Sono necessari alcuni dispositivi per consentire esperienze in ambienti virtuali, come l'Head-Mounted Display (HMD) (Fig. 3), un casco in cui sono alloggiati due schermi in miniatura e un sistema ottico che canalizza le immagini dagli schermi agli occhi e permette la visione stereoscopica virtuale. Un tracciatore di movimento continua a misurare la posizione e l'orientamento della testa dell'utente e consente al computer, che genera le immagini, di modificare la scena rappresentata in base alla vista corrente. L'osservatore può guardarsi attorno e camminare dentro l'ambiente virtuale che lo circonda.

Per evitare il disagio del dispositivo da portare sul capo, ne sono stati sviluppati altri alternativi, come BOOM (Binocular Omni-Orientation Monitor) e CAVE (Cave Automatic Virtual Environment).

Per interagire con gli oggetti del mondo virtuale e navigare in questo ambiente (presentato in scala effettiva e relazionato alle dimensioni umane), l'utente può usufruire di dispositivi come guanti e joystick; sono anche utilizzate tecnologie per percepire sensazioni tattili e identificatori di voce, in grado di ar-

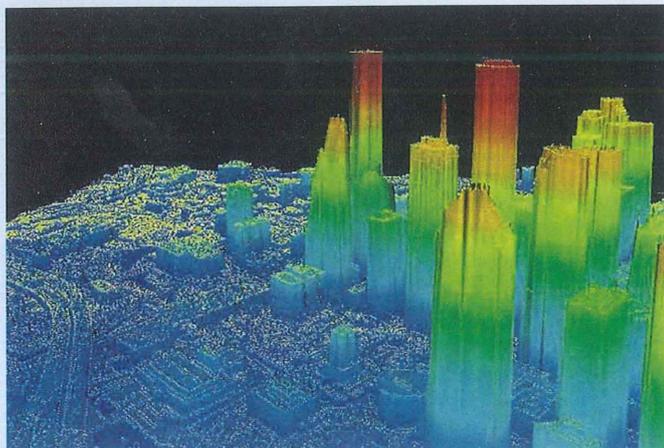


Fig. 2 a - Modello LiDAR del centro di Houston (USA - Texas)
(www.terrapoint.com)



Fig. 2 b - Modello LiDAR con texture mapping fotografico
(www.infoterra-global.com)

ricchiare l'esperienza immersiva. E' possibile, inoltre, che più utenti, collegati in rete da luoghi diversi, condividano gli stessi ambienti virtuali [11,12].

Esiste, comunque, anche una realtà virtuale non immersiva, osservabile sullo schermo di un computer.

Il linguaggio in grado di gestire mondi virtuali 3D, è il VRML, uno standard per il WWW.

Moltissime sono oggi le applicazioni possibili della VR (Fig. 4), quali la simulazione costruttiva di città, musei, siti archeologici, realizzati per consentire la visita agli utenti e preservarne l'integrità.

Nella realtà aumentata (Augmented Reality - AR) l'utente continua a percepire la realtà che lo circonda indossando visori "see-through" che, collegati ad un computer, ricevono informazioni (grafici, scritte ed immagini di sintesi) da sovrapporre (per image matching) alla normale visione, arricchendola di informazioni. In questo modo l'utente può interagire con un mondo virtuale-reale (Fig. 5).

Il termine AR nasce negli anni '90, conia-

to dagli scienziati della Boeing, durante lo sviluppo di un sistema sperimentale per il supporto al montaggio e alla manutenzione su grandi aerei di linea.

In seguito, la riduzione dei costi e la miniaturizzazione dell'hardware hanno contribuito notevolmente ad incrementare la ricerca e la sperimentazione nel settore [13,14].

Un elemento fondamentale, per i sistemi AR, è il *tracking*, vale a dire la possibilità di conoscere con elevata precisione la posizione e l'orientamento nello spazio della testa dell'osservatore, così che gli oggetti virtuali sovrapposti al mondo reale, siano rappresentati nella corretta prospettiva (punto di vista) con cui l'utente osserva la realtà circostante. Si parla di sistemi di tracking a sei gradi di libertà; in ambienti esterni, si utilizza il GPS (con tecniche RTK di posizionamento in tempo reale), integrato con sistemi di navigazione inerziale (INS), per fornire il più elevato grado di precisione conseguibile nel posizionamento cinematico.

Vastissimo può risultare il campo di ap-



Fig. 3 - Il sistema HMD per la visione virtuale
(www-vrl.umich.edu/introl/)



Fig. 4 - Simulazione dell'ambiente urbano di Antwerpen (Belgio)
(www.victort.addr.com/sciscivirtual_reality.html)

plicazioni della AR. Nella rappresentazione e lettura del territorio, nella gestione di reti tecnologiche, nell'ispezione e studio di siti archeologici (per programmare gli scavi, analizzando e rendendo visibili anomalie del sottosuolo, strade, mura perimetrali, edifici), nella visita, fra passato e presente, di monumenti antichi, ricostruiti virtualmente e inseriti nella realtà quotidiana (Fig. 6 a-b), nella simulazione delle modifiche costruttive da apportare a edifici o ad aree urbane (Fig. 7 a-b).

Prospettive

Tutto quanto descritto fin qui (sistemi di point positioning, di photo-imaging e di laser-imaging) sottolinea l'evoluzione delle tecnologie del settore e la crescita dell'automazione, con conseguente oggettivazione del processo di misura.

In particolare, il telerilevamento di precisione evolve verso condizioni di maggiore competitività, a tutto vantaggio dei prezzi e della diffusione.

Nelle tecniche di laser scanning, il software di pre e post-processamento (che riveste un ruolo fondamentale) sta diventando più completo, versatile ed efficace; l'hardware è più veloce e di portata superiore.

Tuttavia, alcuni aspetti di queste tecnologie resteranno per qualche tempo irrisolti; altri, originati dal confronto critico con la tradizione, saranno superati con la conoscenza.

Non si fermerà dunque la "grande svolta" e con essa la concretizzazione di vecchie speranze ed intuizioni.

Dice in chiusura il testo della canzone di Battisti: "...Eppur quel che diceva chissà perché, chissà adesso è verità".

Ad maiora, Lucio.

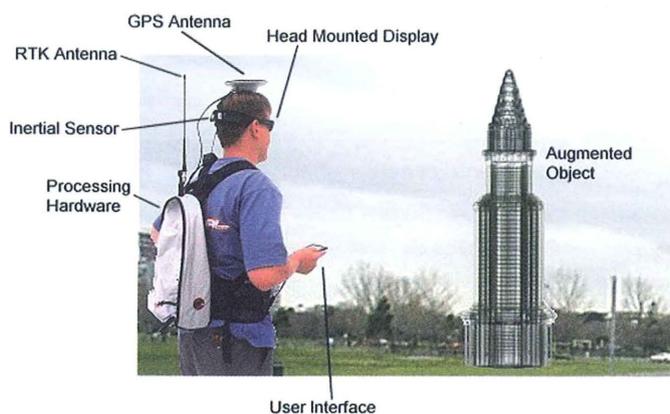


Fig. 5 - Sistema per l'interazione con mondi AR
(www.geom.unimelb.edu.au/steveliar.htm)



Fig. 7 a-b - AR per la simulazione della destinazione d'uso di aree urbane (www.hlrs.de/organization/vis/arl/)



Fig. 6 a-b - Un'applicazione di AR per il costruito (www.archeoguide.it)

Riferimenti bibliografici

1. Colombo L., Marana B. (2000) - Nuove prospettive per il settore del rilevamento - GEOmedia, n. 5.
2. Colombo L., Marana B. (2001) - Le immagini ad alta risoluzione dei satelliti commerciali - Rivista dell'Agenzia del Territorio, n. 2.
3. Fiani M., Vatore F. (2000) - Un esperimento di cartografia da satellite - Bollettino della Sifet, n. 4.
4. Li R. (1998) - Potential of high-resolution satellite imagery for national mapping products - Photogrammetric Engineering & RemoteSensing, n. 12.
5. Li R., Zhou G. (2000) - Accuracy evaluation of ground points from IKONOS high-resolution satellite imagery - Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, no. 9.
6. Toutin T., Cheng P. (2000) - Demistification of IKONOS - Earth Observation Magazine, n. 7.
7. Fowler R.A. (2000) - LIDAR versus radar - Earth Observation Magazine - September.
8. Galetto R. e altri (2001) - Esperienze di fotogrammetria supportata da GPS/INS - Bollettino della SIFET, n. 4.
9. Turner A.K. (2000) - LIDAR provides better DEM data - GEOWorld, November.
10. Remondino F. (2003) - From point cloud to surface: the modelling and visualization problem - International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XXXIV - 5/W10.
11. Burdea G., Coiffet P. (2003) - Virtual Reality technology, 2nd edition, John Wiley & Sons, 2003, ISBN 0-471-36089-9.
12. Stuart R. (2001) - The design of virtual environments, Barricade Books, 2001, ISBN 1-56980-207-6.
13. Feiner S., MacIntyre B., Höllerer T., Webster T. (1997) - A touring machine: prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. First IEEE Int. Symposium on Wearable Computers, October 13-14, 1997, Cambridge, MA. Also in Personal Technologies, 1(4), 1997, pp. 208-217.
14. Evans A., Roberts G., Dodson A., Denby B., Hollands R., Cooper S. (2001) - A New Vision for Engineering Geodesy. International Association of Geodesy Scientific Assembly 2001, September 2-7, 2001.
15. Carey R., Bell G. (1997) - The annotated VRML 2.0 reference, Addison-Wesley, 1997, ISBN 0-201-41974-2.

Siti Web

www.web3d.org - www.optech.on.ca - www.orbimage.com
www.spaceimaging.com - www.digitalglobe.com - www.imagesatintl.com
www.leica.com - www.riegl.com - www.trimble.com - www.galileosistemi.com
www.toposys.com - www.topeye.com

Autori

LUIGI COLOMBO E BARBARA MARANA

University of Bergamo - Faculty of Engineering (Surveying - Geomatics Group)

Viale Marconi 5 - 24044 Dalmine (BG) - Italy

office: +39 (0)35 2052335 - fax: +39 (0)35 562779 - luigi.colombo@unibg.it

THALES
NAVIGATION

ProMark2

**Un sistema topografico GPS
completo ad un costo inferiore
di una stazione totale**



Con le capacità cinematiche proprie, **ProMark2** permette ad una squadra di raccogliere velocemente ed in modo attendibile le caratteristiche del terreno con precisione centimetrica. Le sue capacità cinematiche per il rilievo topografico offrono una velocità di archiviazione e dei dati 100 volte più rapida che con una modalità statica.

Inoltre il memorizzatore interno ed il software sono facili da apprendere e utilizzano come in un sistema convenzionale.

In fine, dagli strumenti convenzionali, il **ProMark2** non necessita di linee di mira tra i punti e può perfino trattare la base del rilievo fino a 20 chilometri (12 miglia). Con solo 1.7 kg (3.75lbs) il **ProMark2** è sempre pronto a scendere in campo.

ProMark2: leggero, a basso costo, facile da apprendere ed usare lo strumento perfetto per migliorare la redditività del lavoro.

Guido Veronesi s.r.l.

Via Caselle, 46
40068 San Lazzaro di Savena
Bologna
Tel. 051 454733
Fax 051 453181
E-mail: info@veronesi.org